

UDK 520.1:727.912:378.652(497.5):001.891
Pregledni znanstveni članak

Pregled geodetskih određivanja položaja i ostvarenih znanstvenih rezultata na Opservatoriju Hvar

Miljenko SOLARIĆ i Nikola SOLARIĆ – Zagreb*

Rad je posvećen pokojnom akademiku Petru Krešimiru Čoliću

SAŽETAK. U radu je dan pregled geodetskih određivanja položaja i ostvarenih rezultata znanstvenih istraživanja na Opservatoriju Hvar Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ostvarili smo ih većim dijelom s pokojnim akademikom Petrom Krešimirom Čolićem.

Cljučne riječi: satelitska geodezija, geodetska astronomija.

1. Uvod

Opservatorij Hvar Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu smješten je na otoku Hvaru u tvrđavi Napoljun, koja se nalazi iznad grada Hvara, a izgrađen je u suradnji Geodetskog fakulteta u Zagrebu i Astronomskog instituta Čehoslovačke akademije znanosti u Pragu (slika 1) (Čubranić 1971). Početne dogovore o izgradnji Opservatorija Hvar s Čehoslovačkom akademijom znanosti obavio je prof. dr. Leo Randić, a brigu oko izgradnje, nakon odlaska prof. dr. L. Randića na studijski boravak u SAD, preuzeo je prof. Veljko Petković. Opservatorij je službeno pušten u rad u jesen 1972. godine, iako su već 1971. i u proljeće 1972. godine izvođena opažanja položaja umjetnih Zemljinih satelita na Opservatoriju Hvar.

Na glavnoj zgradi tvrđave Napoljun, iznad grada Hvara, nalazila se trigonometrijska točka 4. reda. Pri adaptaciji tvrđave za potrebe Opservatorija Hvar (1971. godine) nije se moglo sačuvati tu točku, te je prof. Veljko Petković stabilizirao novu trigonometrijsku točku, kao i još dva ekscentra ($A \equiv 209_{S_1}$ i $B \equiv S_2$). Nova trigonometrijska točka označena je mjedenom oznakom unutar donjega dijela šupljeg stupa smještenoga na terasi glavne zgrade OH, tj. na sredini širokog jugozapadnoga vanjskog zida (slika 2).

*Prof.dr.sc. Miljenko Solarić i prof.dr.sc. Nikola Solarić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb.



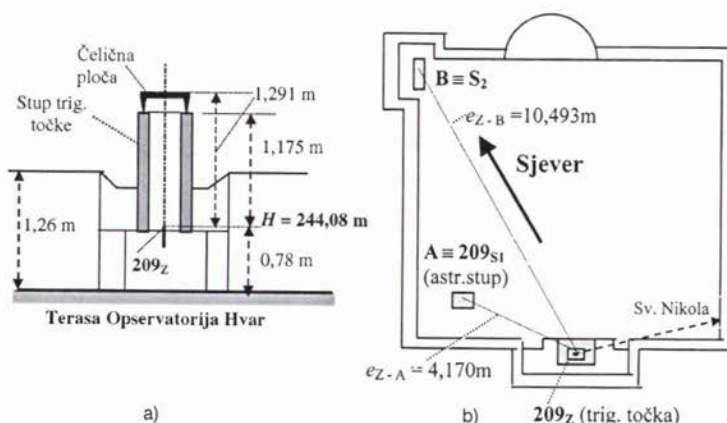
Slika 1. Opservatorij Hvar Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu smješten je u tvrđavi Napuljun iznad grada Hvara.

Na ekscentru $A \equiv 209_{S_1}$ (astronomskom stupu):

- 1) IGN kamerom opažani su položaji umjetnih Zemljinih satelita
- 2) izvedena su astronomska određivanja širine i duljine.

Na stupu *trigonometrijske točke* Opservatorija Hvar (209_Z):

- 1) izvedena su klasična geodetska mjerenja za vezanje na Državni koordinatni sustav
- 2) određivan je azimut strane na trigonometrijsku točku 1. reda Sv. Nikola
- 3) izvedena su *doplerovska* mjerenja pomoću satelita tipa TRANSIT i NOVA, te
- 4) *GPS* - mjerenja.



Slika 2. a) Crtež stupa - nove trigonometrijske točke Opservatorija Hvar

b) Tlocrt terase glavne zgrade Opservatorija Hvar (Z - nova trigonometrijska točka i ekscentri, stupovi: $A \equiv 209_{S_1}$ i $B \equiv S_2$).

2. Klasična geodetska trigonometrijska mjerenja na Opservatoriju Hvar

Prof. V. Petković odredio je koordinate te nove stabilizirane točke na Opservatoriju Hvar u Državnom koordinatnom sustavu uspostavljanjem mikrotrigonometrijske mreže (slika 3). U nju su uključene okolne trigonometrijske točke, a kutovi (pravci) izmjereni su pomoću teodolita T3 u 4 girusa te duljine stranica pomoću elektrooptičkog daljinomjera AGA model 6 u tri ponavljanja (Petković 1977). Tako su iz mikrotrigonometrijske mreže određene *koordinate položaja nove trigonometrijske točke 209_Z na terasi glavne zgrade OH u Državnom koordinatnom sustavu:*

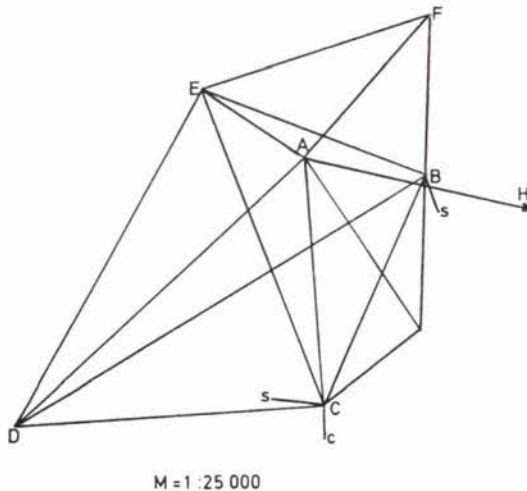
$$Y_{209Z} = 6\,374\,306,02 \text{ m} \quad \text{i} \quad X_{209Z} = 4\,782\,617,15 \text{ m}, \quad (1)$$

sa standardnim odstupanjem

$$s_y = 0,008 \text{ m} \quad \text{i} \quad s_x = 0,006 \text{ m}. \quad (2)$$

Njezina je visina izračunana iz visinskih razlika od trigonometrijskih točaka, koje su određene iz tri ponavljana mjerenja:

$$H_{209Z(\text{MJEDENE OZNAKE})} = 244,08 \text{ m}. \quad (3)$$



Slika 3. Mikrotrigonometrijska mreža Opservatorija Hvar (A-Opservatorij Hvar, H- trigonometrijska točka Sv. Nikola)

Duljina ekscentriciteta od stupa trigonometra 209_Z do astronomskeg stupa A $\equiv 209_{S1}$ jednaka je $e_{209Z-A} = 4,140 \text{ m}$, a smjerni kut od trigonometra 209_Z prema stupu A $\equiv 209_{S1}$ jednak je $\nu_{209Z}^A = 328^\circ 22' 26,5''$, pa se računom dobije da su koordinatne razlike:

$$\Delta Y_{209Z-A} = -2,171 \text{ m} \quad \text{i} \quad \Delta X_{209Z-A} = 3,525 \text{ m}. \quad (4)$$

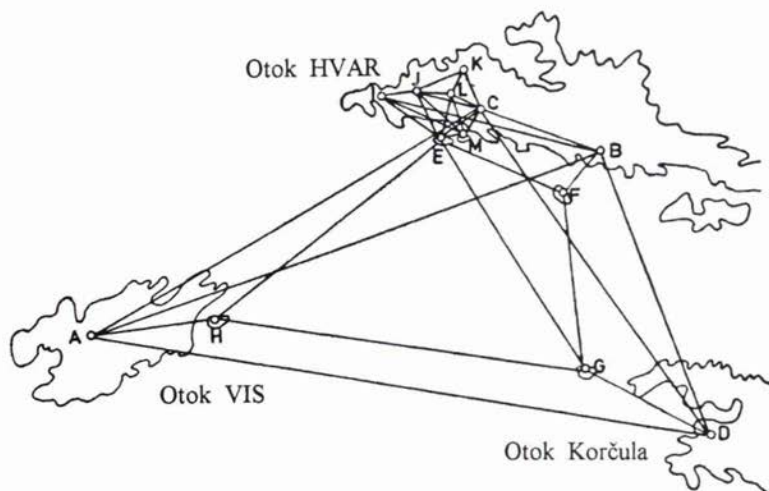
Dakle, koordinate astronomskog stupa $A \equiv 209_{S1}$ u Državnom koordinatnom sustavu iznose:

$$Y_{209S1} = 6\,374\,303,85 \text{ m} \quad \text{i} \quad X_{209S1} = 4\,782\,620,68 \text{ m.} \quad (5)$$

(Koordinate, visina i podaci o ekscentrima preuzeti su od prof. V. Petkovića 1985. godine, iako nisu bili objavljeni).

Drugi ekscentar $B \equiv S_2$ nalazi se na udaljenosti $e_{209Z-B} = 10,493 \text{ m}$, pod smjernim kutom $\nu_{209Z}^B = 359^\circ 53' 49,0''$.

Neposredno poslije prof. V. Petković proširio je mikrotrigonometrijsku mrežu i pretvorio je u *test-mrežu* (slika 4). Tako je *test-mreža* bila proširena do trigonometrijskih točaka 1. reda, pa su u nju uključene trigonometrijske točke od 1. do 4. reda s duljinom stranica od 1,1 do 48 km. Duljine dugačkih stranica u test-mreži izmjerene su laserskim daljinomjerom AGA iz Vojnogeografskog instituta, a analiza mjerenja u toj mreži objavljena je u radu (Čalić, Birin 1979).



Slika 4. Test-mreža Opservatorija Hvar (L-Opservatorij Hvar, B-trigonometrijska točka Sv. Nikola)

3. Opažanje umjetnih zemljinih satelita na Opservatoriju Hvar

3.1. Opažanje umjetnih Zemljinih satelita optičkim načinom – IGN-kamerom

Zavod za višu geodeziju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu uključio je u svoje područje rada i satelitsku geodeziju 1970. godine. Prof. dr. Nikola Čubranić, kao voditelj znanstvene teme (projekta) "Opažanje umjetnih Zemljinih satelita", dobio je financijska sredstva za njezino izvođenje krajem 1970. godine. Zbog toga se nastojalo osnovati satelitsku stanicu pri Opservatoriju Hvar sredinom 1971. godine.



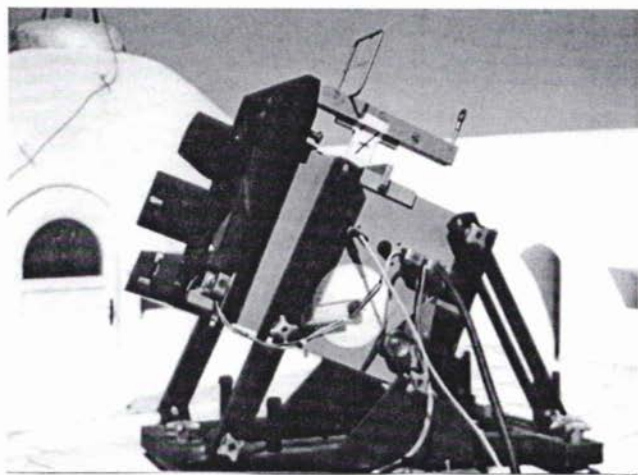
Slika 5. Raspored opažачkih stanica Zapadnoeuropskoga satelitskoga trigonometrijskog projekta WEST (1971-72. godine)

Njemački geodetski istraživački institut (DGFI) Njemačke akademije znanosti iz Münchena posudio je IGN-kameru Geodetskom fakultetu u Zagrebu za opažanje gibanja umjetnih Zemljinih satelita na Opservatoriju Hvar. Dr. sc. Krešimir Čolić (pokojni akademik) i autori rada bili su tada asistenti i mladi suradnici na znanstvenoj temi prof. dr. N. Čubranića.

Sudjelovalo se u okviru međunarodnog projekta za uspostavu satelitske trigonometrijske mreže u zapadnoj Europi, koji je bio nazvan "West European Satellite Triangulation" (skraćeno WEST) (slika 5), u tri sljedeće mjerne kampanje opažanja položaja umjetnog satelita PAGEOS:

- 1) od 5. do 15. lipnja 1971.,
- 2) od 1. rujna do 5. studenog 1971. i
- 3) u proljeće 1972. godine.

Sve opažачke stanice opažale su simultano (istodobno) po primljenim predikcijama iz Engleske. Naime, sve opažачke satelitske stanice u Europi primale su podatke brzojavima o trenutcima opažanja te azimut i zenitnu daljinu satelita, za orijentaciju kamere.



Slika 6. IGN-kamera za snimanje položaja umjetnih Zemljinih satelita na astronomskom stupu (ekscentru $A \approx 209_{S_1}$) Opservatorija Hvar.

To su bila prva snimanja položaja umjetnih Zemljinih satelita uopće u bivšoj državi, sa željom da se uključimo u zapadnoeuropsku trigonometrijsku mrežu. Tijekom prve kampanje snimanja položaja umjetnih Zemljinih satelita IGN-kamerom (skraćeno nazvanu prema imenu proizvođača Institut Geographique National) stečeno je iskustvo, na temelju kojega je drugo imenovani autor ovoga članka po svojoj originalnoj ideji pridonio poboljšavanju točnosti registracije vremena s 3 do 5 milisekunda na samo 1 milisekundu, o čemu je bio podnesen referat i na međunarodnom simpoziju u Grazu (Solarić, N. 1972).

U tim opažачkim kampanjama u okviru projekta WEST sudjelovali su još dipl.ing. Ladislav Feil (sada prof.dr.sc.) i studenti: Radovan Marjanović-Kavanagh (sada prof.dr.sc.) i Zlatko Lasić (sada doc.dr.sc.).

Ploče snimljene IGN-kamerom na Opservatoriju Hvar obrađene su u Njemačkoj, ali se ti podaci opažanja položaja umjetnih satelita s Opservatorija Hvar nisu smjeli poslati u inozemstvo, jer je dobivena zabrana za to, kao i na dalju međunarodnu suradnju na području satelitske geodezije.

Tako su nažalost neuspješno završila naša nastojanja na uvođenju satelitske geodezije. Međutim ona su ipak bila korisna jer se steklo iskustvo, a bili su objavljeni i radovi na međunarodnim simpozijima satelitske geodezije (Solarić, N. 1972), (Solarić, M. 1972, 1974a, 1974b, 1975a, 1975b), (Čolić, Lohmar, Solarić, M. 1984) i niz drugih. Dakle, to su bili temelji za uspjeh u uvođenju satelitske geodezije u Hrvatskoj.

3.2. Neka sljedeća nastojanja na dobivanju dozvole za međunarodnu suradnju

Nismo se pomirili s prekidom uvođenja satelitske tehnologije u Hrvatsku na Opservatorij Hvar. Dr. Ladislav Sehnal bio je jedan od mentora prvoimenovanom autoru ovoga rada pri izradbi njegove disertacije. Tako je Astronomski institut Češkoslovačke akademije znanosti iz Praga na intervenciju dr. Ladislava Sehnala ponudio Geodetskom fakultetu u Zagrebu za Opservatorij Hvar svoju kameru AFU-75 za snimanje položaja umjetnih satelita. Izradile su ju zemlje INTERCOSMOS-a (zajednica zemalja Istočnog bloka za istraživanje svemira), a po kvaliteti je, prema ocjeni nekih stručnjaka, bila jednaka američkoj vrhunskoj kameri Baker-Nunn za određivanje položaja umjetnih Zemljinih satelita. Prvoimenovani autor predao je zahtjev za međunarodnu suradnju nadležnim tijelima u bivšoj državi 1976. godine, ali se to unatoč intervencijama odužilo, tako da je sve zastarjelo kad je nagoviješteno pozitivno rješenje. Naime, u to se doba upravo prelazilo s optičkih na elektronske metode određivanja položaja satelita, jer su elektronske metode postale točnije od optičkih. Zato se ta ponuda Astronomskog instituta iz Praga nije mogla prihvatiti.

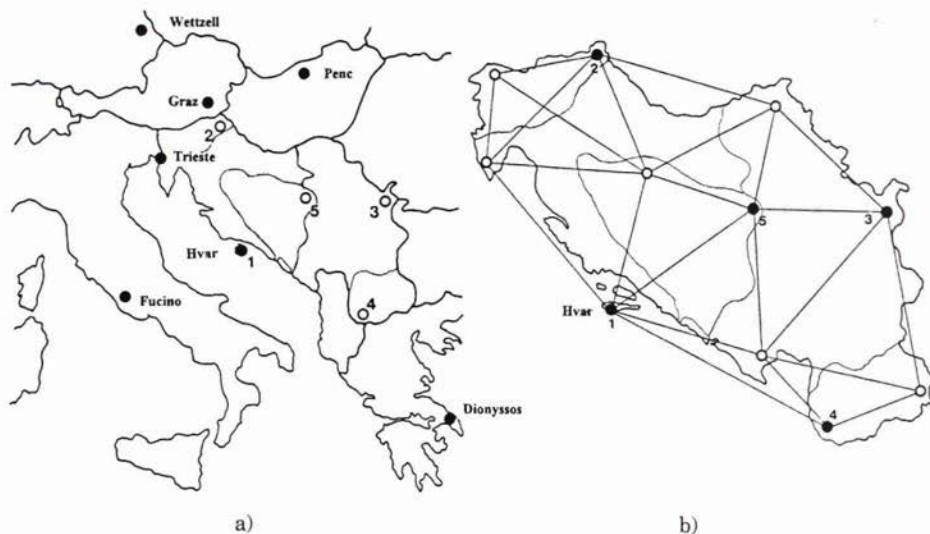
Osim toga, bio je ponuden i laserski daljinomjer za određivanje udaljenosti umjetnih Zemljinih satelita od opažačke stanice. To je ponudio Fakultet za atomistiku i inženjersku fiziku iz Praga (dr. Karel Hamal), ali i za tu vrlo primamljivu besplatnu ponudu nije dobijena suglasnost od nadležnih tijela u bivšoj državi, jer su vojne vlasti smatrale koordinate točaka vojnom tajnom.

Uviđajući važnost doplerovskih mjerenja pomoću Pomorskog navigacijskog satelitskog sustava (Navy Navigation Satellite System-skaraćeno NNSS) pokušalo se kupiti takav uređaj. Naime, tada je to bila jedna od najperspektivnijih elektroničkih metoda određivanja položaja točaka na Zemlji, pa su podnešeni zahtjevi za financiranje kod SIZ-a znanosti Hrvatske u 1978. godini. Međutim, u to doba bila je to vrlo velika investicija od oko 150 000 US dolara, pa se ta želja nije mogla ostvariti.

3.3. Doplerovska mjerenja pomoću satelitskog sustava NNSS, tj. satelita tipa TRANSIT i NOVA na Doplerovskoj stanici Opservatorija Hvar

Ideja da se u bivšoj državi organizira doplerovska kampanja s ciljem povezivanja u svjetski geodetski koordinatni sustav WGS (World Geodetic System) '72 začeta je 1980. godine. Akademik K. Čolić i prvoimenovani autor članka dobili su podršku tadašnjeg dekana prof. V. Petkovića, te je u siječnju 1981. započela organizacija i borba za dobivanje suglasnosti za međunarodnu suradnju. U okviru priprema za usvajanje, te tada najsuvremenije, tehnologije geodetskih mjerenja objavljeni su radovi (Čolić, Solarić M. 1981, 1983) i (Solarić, M., Čolić 1981a, 1981b, 1983). Bila je planirana doplerovska kampanja mjerenja nazvana YUGDOC-1 za povezivanje 5 točaka u bivšoj državi na doplerovske točke u susjednim državama (Austriji, Italiji i Grčkoj). U plan je ušla i druga doplerovska kampanja YUGDOC-2, kojom bi se prostirala mreža točaka (slika 7). Postojala je varijanta A s 11 točaka i varijanta B s 21 točkom.

Međutim, nakon što je prof. dr. Karl Rinner napisao prvo cirkularno pismo, 2.5.1981. godine, s pozivom na međunarodnu suradnju, po naredjenju viših državnih tijela bivše države prekinuta je organizacija te međunarodne kampanje. Naime, rečeno nam je da će se nastaviti s tom aktivnosti dogovaranjem na nivou Medure-



Slika 7. Planirane doplerovske mjerne kampanje: a) YUGDOC-1 i b) YUGDOC-2, varijanta A (11 točaka).

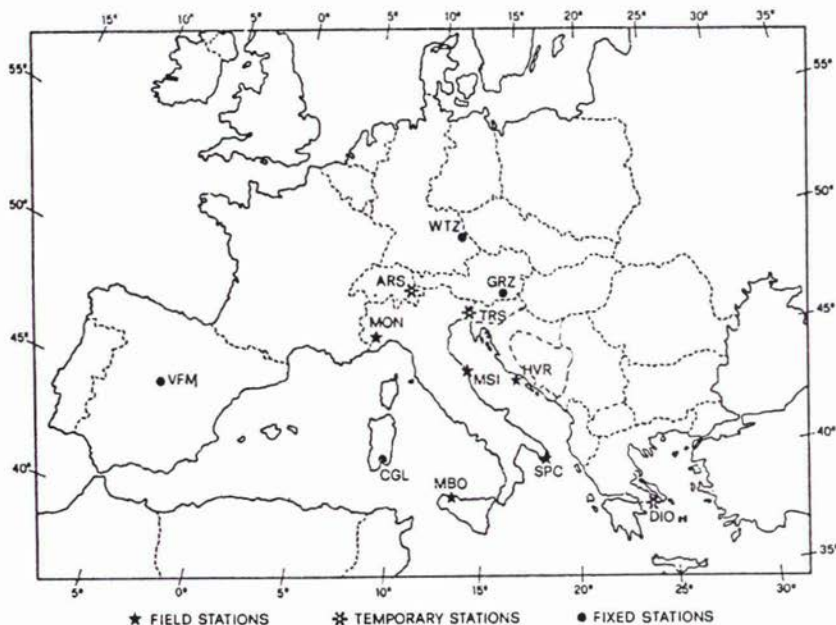
publičko-pokrajinskoga kolegija za geodeziju u bivšoj državi. To nije donijelo nikakve rezultate i unatoč višegodišnjim velikim naporima i čestim putovanjama u Beograd, Kikindu itd.

a) Doplerovska kampanja IDOC' 82

Prva dozvola za međunarodnu suradnju primljena je za sudjelovanje Opservatorija Hvar u međunarodnoj doplerovskoj kampanji Italije IDOC (Italy Doppler Observation Campaign)'82. Budući da nismo imali svoj doplerovski uređaj, od prof. dr. Hermana Seegera iz Bonna (Njemačka) posuđen je doplerovski uređaj Magnavox, a u opažanjima je sudjelovao asistent Franz Josef Lohmar (danas doktor geodezije) od 15. do 26. srpnja 1982. godine. Visina referentne točke antene bila je 2,235 m iznad mjedene oznake trigonometrijske točke na terasi Opservatorija Hvar. Postignuti su vrlo dobri rezultati opažanja, a rezultati obrade podataka opažanja pomoću kompjutorskog programa GEODOP (verzija III) objavljeni su u časopisima, na domaćim i na međunarodnim simpozijima: (Solarić M., Čolić 1983), (Baldi et.al.1984) i (Čolić, Lohmar, Solarić M. 1984). Vidi tablicu 1.

Nekoliko identičnih točaka iz projekta IDOC '82 sudjelovalo je i u projektima: ED0C-2, ERIDOC i ALGEDOP-82, gdje su bile određene koordinate točaka u sustavu preciznih efemerida (PE), te su na osnovi 7-parametarske transformacije koordinata u radu (Čolić, Lohmar, Solarić M. 1984) izračunane sljedeće koordinate za stup 209_z Opservatorija Hvar u sustavu preciznih efemerida (PE):

MPBE10b → PE	MPBE11 → PE	
$X_{PE10b} = 4\ 468\ 040,20 \pm 1,27\ m,$	$X_{PE11} = 4\ 468\ 040,12 \pm 1,28\ m,$	(6)
$Y_{PE10b} = 1\ 319\ 141,45 \pm 1,26\ m,$	$Y_{PE11} = 1\ 319\ 141,38 \pm 1,37\ m,$	
$Z_{PE10b} = 4\ 342\ 088,10 \pm 1,66\ m,$	$Z_{PE11} = 4\ 342\ 087,99 \pm 1,51\ m.$	



Slika 8. Mreža točaka uključenih u projekt IDOC '82 (ARS-Arosa, CGL-Cagliari, DIO-Dionysos, GRZ-Graz, HVR-Hvar, MBO-Monte Bonifato, MON-Mondovi, MSI-Monte Sicuro, SPC-Specchia Cristi, TRS-Trieste, VFM-Villa Franca del Castillo, WTZ-Wetzell)

Tablica 1. Koordinate Opservatorija Hvar (stupa trigonometrijske točke na terasi glavne zgrade 209₂) u koordinatnom sustavu WGS '72, dobivene obradom podataka mjerenja pomoću programa GEODOP (verzija III) na osnovi odaslanih efemerida sa satelita, a u okviru projekta IDOC '82.

** MPBE (Multy Point Solution by Means of Broadcast Ephemerides)

(Višestanično rješenje s odaslanim efemeridama sa satelita)

MPBE 12 – u rješenje je uključeno svih 12 točaka,

MPBE 10a – u rješenje nisu uključene najudaljenije točke VFM (Madrid, Španjolska) i Dionysos (Grčka),

MPBE 11 – u rješenje nije uključena točka VFM (Madrid, Španjolska) sa samo 41 opažanim prolazom satelita tipa TRANSIT,

MPBE 10b – u rješenje nisu uvrštene točke VFM (Villa Franca del Castillo, Madrid, Španjolska) i MBO (Monte Bonifato, Italija), na kojima je bilo najmanje prihvaćenih registriranih prolaza satelita tipa TRANSIT.

HVAR koordinata s stand. odstup.	Rješenje: Baldi et. al.		Rješenje: Čolić, Lohmar, Solarić M.	
	MPBE**12 (m)	MPBE 10a (m)	MPBE 11 (m)	MPBE 10b (m)
X_{BE} s_X	4 468 038,26 0,48	4 468 039,38 0,48	4 468 040,19 0,48	4 468 039,11 0,48
Y_{BE} s_Y	1 319 141,33 0,48	1 319 141,18 0,46	1 319 141,28 0,46	1 319 141,16 0,46
Z_{BE} s_Z	4 342 092,50 0,47	4 342 091,44 0,48	4 342 090,96 0,47	4 342 092,38 0,47



Slika 9a. Doplerovski uređaj Magnavox

b) Doplerovska opažачka kampanja
WEDOC - 2

Druga dozvola za suradnju u okviru međunarodnoga znanstvenoga projekta dobivena je od tadašnjih nadležnih tijela vlasti za sudjelovanje u projektu WEDOC-2 (skraćeno od West East European Doppler Observation Campaign) (sl.10). U toj opažачkoj kampanji projekta od 5. do 16.9.1983.

godine sudjelovalo je 27 točaka iz zemalja Zapadne Europe i Istočne Europe, odnosno bez obzira na tadašnju blokovsku podjelu. Visina referentne točke doplerovske antene na Opservatoriju Hvar bila je 2,227 m iznad mjedene oznake u stupu. Doplerovski uređaj je posuđen iz Trsta od prof. Antonia Marussia, a u opažanjima je sudjelovao asistent dr. Claudio Marchesini. Konačni rezultati obradbe podataka mjerenja za referentne točke antene (antenskom faznom centru) iz te opažачke kampanje objavljeni su u radu (Pesec, Rinner, Mihaly, Alpar 1985), vidi tablicu 2.

Treba spomenuti da su za vrijeme doplerovskih opažачkih kampanja održane ljetne škole: Doplerovska škola Hvar (23-26.07.1982. god.) sa 16 sudionika i 4 predavača i



Slika 9b. Antena doplerovskog uređaja

Tablica 2. Koordinate referentne točke antene doplerovskog uređaja visine 2,227 m iznad mjedene oznake (u stupu trigonometrijske točke na terasi glavne zgrade Opservatorija Hvar) u svjetskom geodetskom sustavu WGS '72 izračunane kao višestanično rješenje pomoću odaslanih efemerida sa satelita (BE) iz mjerenja u projektu WEDOC-2

a) Pomoću kompjutorskog programa GEODOP - V		
(m)	(m)	(m)
$X_{BE-G} = 4\ 468\ 038,91 \pm 0,29,$	$Y_{BE-G} = 1\ 319\ 142,30 \pm 0,27,$	$Z_{BE-G} = 4\ 342\ 098,22 \pm 0,29$
b) Pomoću kompjutorskog programa SADOSA, SGO (izrađenog u Mađarskoj)		
(m)	(m)	(m)
$X_{BE-S} = 4\ 468\ 040,29 \pm 0,29,$	$Y_{BE-S} = 1\ 319\ 142,23 \pm 0,25,$	$Z_{BE-S} = 4\ 342\ 087,63 \pm 0,25$



Slika 10. Mreža doplerovskih stanica uključenih u projekte WEDOC

■ Doplerovske stanice uključene u projekte WEDOC-1 i WEDOC-2

▣ Doplerovske stanice uključene samo u projekt WEDOC-2

2. doplerovska škola Hvar (13-16.9.1983. god.) sa 26 sudionika i 5 predavača. To je sve bilo izvedeno u okviru akcije uvođenja tada najsuvremenijih geodetskih satelitskih doplerovskih mjerenja u bivšoj državi. Veliku pomoć u tim kampanjama mjerenja i održavanju doplerovskih škola dao je prof. dr. Tomislav Bašić, radeći tada kao znanstveni novak (pripravnik).

c) Doplerovska mjerenja izvan međunarodnih projekata

Na Opservatoriju Hvar održana su i doplerovska mjerenja izvan međunarodnih doplerovskih kampanja. Tako su 16.10.1982. i u proljeće 1983. na Opservatoriju Hvar u suradnji s Hidrografskim institutom održana i pokusna mjerenja s doplerovskim uređajem Motorola. Ta su mjerenja bila kratkotrajna (1-2 dana).

d) Neostvoreni doplerovski projekti

Osim projekata YUGDOC-1 i YUGDOC-2, u neostvorene doplerovske projekte treba ubrojiti i projekt ALGEDOP (skraćena od Alpine Geoid Doppler Project), za

koji je dobiven poziv od prof. A. Marussia 26.6.1981. godine. Nakon velikih i dugotrajnih dogovaranja na sastanku Povjerenstva Međurepubličkog-pokrajinskog kolegija za geodeziju za koordinaciju doplerovskih kampanja u bivšoj državi održanom 22.02.1983. godine, zaključeno je da Slovenija treba biti nosilac radova u projektu ALGEDOP. Financijska sredstva za 9 točaka u Sloveniji osigurala je Republička geodetska uprava Slovenije, a za 5 točaka u Hrvatskoj osigurao je SIZ-III znanosti Hrvatske (samoupravna interesna zajednica znanosti). Međutim, unatoč tomu nije dobivena suglasnost za međunarodnu suradnju u okviru tog projekta ni u opažачkoj kampanji 1985. godine.

Institut za geodeziju i geofiziku Sveučilišta u Trstu (dr. Claudio Marchesini) predložio je krajem 1982. godine vrlo interesantan projekt, tj. doplerovsku opažачku kampanju sa stanicama raspoređenima s jedne i druge strane obale Jadranskog mora. Naime, postojali su podaci o određivanju geoida na osnovi mjerenja satelita SEASAT s laserskim altimetrom te se uz pomoć doplerovskih mjerenja željelo proučiti dinamiku kretanja vodenih masa u Jadranskom moru. Nažalost, ni ta mogućnost nije se mogla iskoristiti, jer nismo dobili dozvolu za međunarodnu suradnju s uključenim većim brojem točaka na području Hrvatske.

3.4 GPS-mjerenja na Opservatoriju Hvar

a) Neostvareni GPS-projekt WEGENER-MEDLAS

Ravnatelj Instituta za primjenjenu geodeziju (IFAG-a) iz Frankfurta prof. dr. Herman Seeger uputio je poziv Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 5.3.1990. godine, da se uključi u geodinamički projekt WEGENER (Workshop of European Geoscientists for the Establishment of Networks for Earthquake Research – Radna grupa europskih znanstvenika za uspostavljanje mreže za istraživanje zemljotresa). Naime, cilj je projekta bio da istražuje pomicanje tektonskih ploča uzduž granica europske i afričke ploče, i to posebice u području Sredozemlja. Tako je nastao potprojekt MEDLAS (Mediterranean Laser Tracking Project – sredozemni laserski projekt), u kojem se pomoću laserskih mjerenja udaljenosti umjetnih Zemljinih satelita od opažачke stanice određuje pomicanje Zemljine kore na odabranim stajalištima u Turskoj, Grčkoj i Italiji. Za tu namjenu izrađeni su mobilni laserski uređaji (laserski uređaji na kamionima), a mjerenja su započeta u 1985. godine. Mreža tih točaka određenih laserskom metodom progušćena je pomoću GPS-mjerenja. Tako su trebale biti uspostavljene GPS-točke i duž naše obale Jadranskog mora, odnosno trebalo je izvesti laserska mjerenja udaljenosti do umjetnih satelita. Naša je želja bila da se ta mjerenja izvedu na Opservatoriju Hvar. Poduzeti su svi mogući koraci kod nadležnih tijela bivše vlasti. Primljena je suglasnost Kolegija direktora republičkih i pokrajinskih geodetskih uprava, 14.3.1990. godine, ali ne i Saveznih tijela vlasti. Tako je i taj pokušaj za dobivanje dozvole za međunarodnu geodetsku suradnju ostao neostvaren.

b) Ostvarena GPS-mjerenja na Opservatoriju Hvar

Geodetski fakultet dobio je od Ministarstva znanosti i tehnologije Hrvatske financijska sredstva za kupnju 3 GPS-uređaja kojima se uz pomoć satelita iz GPS-sustava određuju koordinate položaja točaka s vrlo velikom točnošću. To je bila jedna od četiri kapitalne investicije u znanstvenu opremu u Hrvatskoj 1990. godine u vrijednosti oko 300 000 DEM.

Prvo mjerenje profesionalnim geodetskim GPS-uređajem u Hrvatskoj (a i u bivšoj državi) bilo je izvedeno za vrijeme testiranja Ashtechovih GPS-uređaja, prije kupnje, na Kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta na nasipu odteretnoga kanala kraj Donje Lomnice u blizini Zagreba. To je bilo u lipnju 1990. godine za vrijeme studentske prakse.

Prvo mjerenje GPS-uređajima izvedeno je na Opservatoriju Hvar za vrijeme GPS kampanje u okviru međunarodnog znanstvenoga geodinamičkoga projekta TYRGEONET, koji su inicirali znanstvenici iz Italije, a u njemu je sudjelovala Italija, Hrvatska, Slovenija, Albanija, Tunis i neke druge zemlje.

Slijedi kratki pregled svih kasnije ostvarenih GPS-mjerenja na Opservatoriju Hvar:

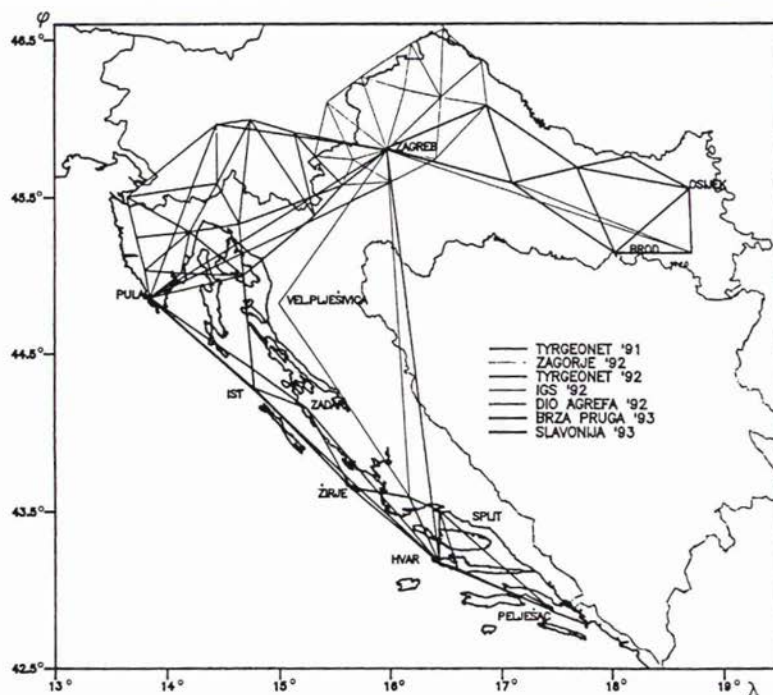
- TYRGEONET '91 (20-26. 6. 1991.), GPS-uređaj Ashtech LD XII s C/A kodom, a opažać je bio Željko Hečimović, dipl.ing. Iz Hrvatske su u GPS- mjernu kampanju tog projekta, osim Opservatorija Hvar, bile uključene točke u Puli (astronomski opservatorij) i Zadru (trigonometrijska točka III. reda kod tvornice Maraska).
- TYRGEONET '92 (10-21. 6. 1992.), GPS-uređaj Ashtech LD XII s C/A kodom, a opažać je bio prof.dr.sc. Miljenko Solarić. Iz Hrvatske su u toj GPS-kampanji, osim Opservatorija Hvar, bile uključene točke u Puli, Zagrebu (toranj Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta) i Kozjača (trigonometrijska točka I. reda). U Zadru zbog ratnih razaranja nije postavljen GPS-prijamnik.
- BRZA PRUGA '93 (3-4. 5. 1993.godine), GPS-prijamnik Ashtech LD XII s C/A kodom, a opažaći su bili Boris Podunavac, dipl.ing., i Gudelj, dipl.ing. U tu mjernu kampanju, organiziranu za potrebe Državnog hidrografskog instituta, bio je uključen Opservatorij Hvar i još 9 točaka u Hrvatskoj, uglavnom u području Jadrana.
- ADRIATIC MICROPLATE '93 (5 dana u listopadu 1993.), GPS-uređaj Trimble 4000 SSE s P-kodom, a opažać je bila mr.sc. Brankica Cigrovski-Detelić (sada doktor geodezije). Taj projekt organizirala je Austrija, a sudjelovali su: Italija, Hrvatska, Slovenija, Albanija, Tunis i neke druge zemlje (sl.13).
- KONTROLNA MJERENJA za izračunane parametre transformacije, svibanj 1994. godine. Tada su bile određene koordinate položaja za pet trigonometara na otoku Hvaru, ali je bio kontroliran i prijenos visina na otok Hvar. (Opažaći: Branka Capek, dipl.ing.; mr.sc. Đuro Barković i prof.dr. Miljenko Solarić.)
- CRODYN '94 (povezan je Opservatorij Hvar s trigonometrijskom točkom I. reda: Sv. Nikola). Na Opservatoriju Hvar postavljen je GPS-prijamnik Ashtech LD XII s C/A kodom, a opažać je bila mr.sc. Brankica Cigrovski-Detelić. Na trigonometrijskoj točki Sv. Nikola bio je GPS-prijamnik Trimble 4000 SSE s P-kodom.
- TYRGEONET '95 (19-24. 6. 1995), GPS-prijamnik Ashtech LD XII s C/A kodom, a opažać je bio Boris Podunavac, dipl.ing. U toj GPS-mjernoj kampanji iz Hrvatske sudjelovao je samo Opservatorij Hvar.
- TYRGEONET '96 ≡ CEGRN '96 projekta CERGOP (10-15. 6. 1996.), GPS-prijamnik Trimble 4000 SSI, a opažać je bio mr.sc. Drago Špoljarić. To je istodobna GPS-mjerna kampanja projekta TYRGEONET i CERGOP. Iz Hrvatske je u tim projektima sudjelovao Opservatorij Hvar i GPS-stanica Brusnik (trigonometrijska točka I. reda između Karlovca i Jastrebarskog). (Međutim, budući da Opservatorij Hvar nije tada još prihvaćen kao pridružena stanica mreže CEGRN projekta CERGOP ti podaci nisu uzeti u zajedničko izjednačenje CEGRN '96.).

- CEGRN '97 projekta CERGOP (4-10. 6. 1997.), GPS-prijamnik Trimble 4000 SSI, a opažač je bio mr.sc. Drago Špoljarić. Hvar je prihvaćen kao pridružena GPS-točka u geodinamičkom projektu CERGOP (skraćenica od Central European Regional Geodynamical Project) od jeseni 1996. godine, a u projektu je sudjelovalo 11 zemalja: Austrija, Češka, **Hrvatska**, Italija, Mađarska, Njemačka, Poljska, Rumunjska, Slovačka, Slovenija i Ukrajina. U toj GPS-kampanji sudjelovali su Opservatorij Hvar i GPS-stanica Brusnik.
- CEGRN '98 projekta CERGOP ≡ EXTENDED SAGET '98 (27. 6. - 2. 7. 1998.), GPS-prijamnik Trimble 4000 SSI, a opažač je bio mr. Đuro Barković. To je istodobno GPS-mjerna kampanja projekta CERGOP i EXTENDED SAGET '98 (sl.14 i 15). Iz Hrvatske su u mjernoj kampanji sudjelovali Opservatorij Hvar i GPS-stanica Brusnik (između Karlovca i Jastrebarskog).
- CEGRN '99 projekta CERGOP-2 (14-19. 6. 1999.), GPS-prijamnik Trimble 4000 SSI, a opažač je bio prof.dr.sc. Miljenko Solarić. Iz Hrvatske u toj GPS-mjernoj kampanji su sudjelovali Opservatorij Hvar i GPS-stanica Brusnik.

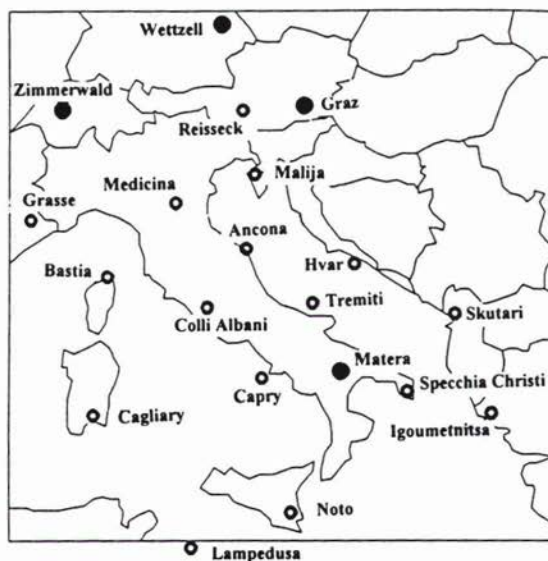
GPS-mjerne kampanje u projektima TYRGEONET, ADRIATIC MICROPLATE, CERGOP, EXTENDED SAGET i BRZA PRUGA '93 ostvarene su unutar projekta "Osnovni geodetski radovi informacijskog prostornog sustava Republike Hrvatske" koji su vodili prvo imenovani autor ovog rada i prof. dr. sc. Asim Bilajbegović. GPS mjernu kampanju CRODYN realizirao je akademik Petar Krešimir Čolić u suradnji s dipl. ing. Branimirom Gojčetom (ravnateljem Državne geodetske uprave) i prof. dr. H. Seegerom (direktorom IFAG-a). Iz nekih ovih GPS-mjernih kampanja izračunane su koordinate u svjetskom koordinatnom sustavu za trigonometrijsku točku (mjedenu oznaku u donjem dijelu stupa) na terasi Opservatorija Hvar i svrstane u tablicu 3. Za ostale će to biti učinjeno naknadno.



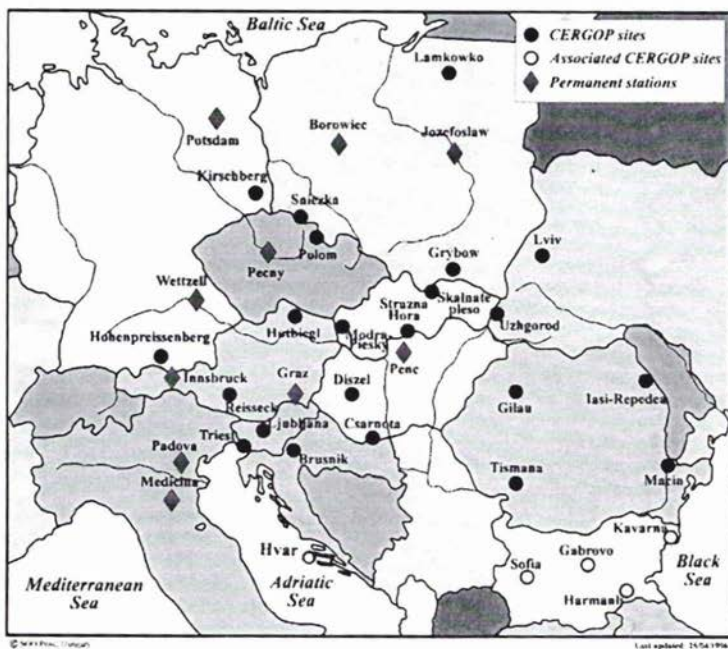
Slika 11. Antena GPS-prijamnika Trimbl 4000 SSI na terasi Opservatorija Hvar



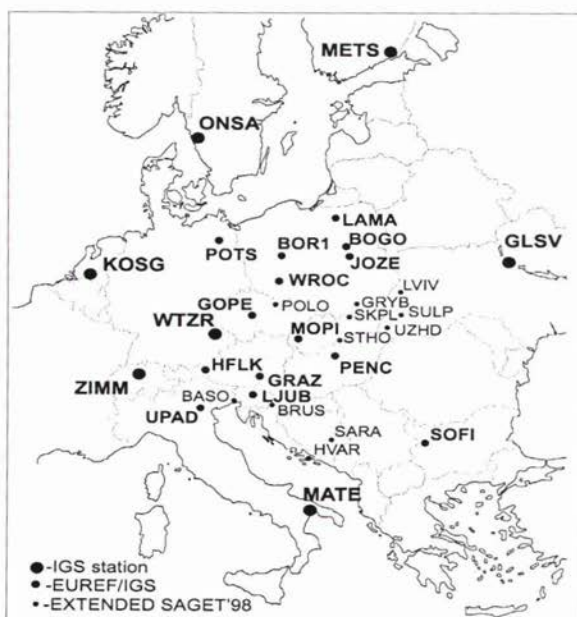
Slika 12. Mreža točaka uključenih u GPS-mjerenja kampanje BRZA PRUGA '93 (deblje linije) i neke druge kampanje.



Slika 13. Mreža točaka uključenih u GPS-mjerenja geodinamičkog projekta ADRIATIC MICROPLATE'93



Slika 14. Mreža točaka uključenih u GPS-mjerenja geodinamičkog projekta CERGOP (GPS-geodinamička referentna mreža CEGRN).



Slika 15. Mreža točaka uključenih u GPS-mjerenja geodinamičkog projekta EXTENDED SAGET '98. (Nazivi stanica označeni su skraćeno.)

Tablica 3. *Koordinate položaja trigonometrijske točke Opservatorija Hvar 209_Z (mjedene oznake u donjem dijelu stupa na terasi glavne zgrade) određene GPS-mjerenjem u raznim kampanjama. Jedino su u kampanji ADRIATIC MICROPLATE koordinate dane za čeličnu ploču.*

**** ITRF – skraćenica za koordinatni sustav od riječi International Terrestrial Referent Frame**

GPS-mjerna kampanja (Koordinatni sustav) (literatura)	X (m) s _x (m)	Y (m) s _y (m)	Z (m) s _z (m)
BRZA PRUGA '93 (ITRF'91.**) (Bilajbegović, 1993)	4 468 032,040	1 319 158,427	4 342 089,914
ADRIATIC MICROPLATE '93 (ITRF'91, Epoha 1993,8) (Pesec, Windholtz 1995) (Te se koordinate odnose na čeličnu ploču na stupu)	4 468 032,047 0,004	1 319 159,620 0,002	4 342 090,751 0,004
TYRGEONET'96 (ITRF'96 J.D.158-164) (Baldi, P. 1998)	4 468 031,238 0,012	1 319 159,453 0,004	4 342 090,077 0,012
CEGRN'97 projekta CERGOP (ITRF'94, Epoha 1997,43) (Marjanović, Rašić, Solarić, M. 1997)	4 468 031,140 0,002	1 319 159,440 0,002	4 342 089,973 0,007
EXTENDED SAGET'98 (ITRF'96, Epoha 1998-06-08) (Figurski et al.1999)	4 468 031,095 0,003	1 319 159,452 0,000	4 342 089,961 0,005

4. Astronomska mjerenja na Opservatoriju Hvar

Na Opservatoriju Hvar izvedena su vrlo kvalitetna astronomska mjerenja za određivanje astronomske širine, duljine i azimuta strane.

4.1 Određivanje astronomske širine Opservatorija Hvar

Prof. dr. Predrag Terzić opažao je na Opservatoriju Hvar teodolitom Wild T4 9 noći 1975. godine i 4 noći 1977. godine. Obradbom svojih opažanja i opažanja drugog opažača Zorana Ivanovića odredio je (Terzić 1985) da astronomska širina astronomskog stupa A \equiv 209_{S1} na terasi glavne zgrade Opservatorija Hvar iznosi:

$$\varphi_{209S1} = 43^{\circ} 10' 39,05'' \pm 0,04'' \dots \dots \text{(astronomskog stupa A } \equiv 209_{S1}) \quad (7)$$

Na osnovi koordinatne razlike $\Delta X_{209Z-A} = 3,525$ m (4), određene klasičnim geodetskim mjerenjima, izračunana je i astronomska širina trigonometrijske točke Opservatorija Hvar (209_Z):

$$\varphi_{209Z} = 43^{\circ} 10' 38,94'' \dots \dots \text{(trigonometrijskog stupa 209}_Z) \quad (8)$$

4.2 Određivanje astronomske duljine Opservatorija Hvar

Astronomsku duljinu astronomske stupa ($A \equiv 209_{S1}$) na terasi Opservatorija Hvar odredio je također prof.dr. Predrag Terzić (Terzić 1980) određivanjem razlike astronomske duljine Opservatorija Maksimir u Zagrebu i Opservatorija Hvar. Opažanja su izveli prof. dr. sc. P.Terzić i Mirko Ivošević, dipl. ing. (tada apsolvent) 1977. godine, a opažali su 33 grupe zvijezda u 14 noći u Maksimiru i 28 grupa zvijezda u 11 noći na Hvaru. Opažalo se teodolitom Wild T4, vrijeme je određivano kvarcnim satom, a prijam vremenskih radiosignala s vrlo visokom preciznošću od 0,2 ms ostvaren je pomoću osciloskopa i specijalnog elektroničkog brojila, koje je prema originalnoj ideji konstruirao drugo imenovani autor ovog rada (Solarić, N., 1992). Izračunana definitivna astronomska duljina astronomske stupa ($A \equiv 209_{S1}$) je:

$$\lambda_{209S1} = 1^h 05^m 47,437^s \pm 0,005^s \dots \dots \text{(astronomske stupa } A \equiv 209_{S1}) \quad (9)$$

$$\lambda_{209S1} = 16^\circ 26' 51,55''$$

Na osnovi koordinatne razlike $\Delta Y_{209Z-A} = -2,171 \text{ m}$ (4), određene iz klasičnih geodetskih mjerenja, izračunana je i astronomska duljina *trigonometrijske točke* Opservatorija Hvar (209_Z), koje iznose:

$$\lambda_{209Z} = 1^h 05^m 47,442^s \text{ (trigonometrijske točke Opservatorija Hvar } 209_Z) \quad (10)$$

$$\lambda_{209Z} = 16^\circ 26' 51,65''$$

4.3. Određivanje astronomske azimuta prema trigonometrijskoj točki Sv. Nikola

Na terasi Opservatorija Hvar prof.dr.sc. Predrag Terzić i Mirko Ivošević, dipl. ing. odredili su *astronomske azimut* s trigonometrijskog stupa 209_Z prema trigonometru prvog reda 305_Z (Sv. Nikola) pomoću zvijezde Sjevernjače mjereći u 12 girusa teodolitom Wild T4 u tri noći 1977. godine (u 36 girusa), te dobili da je:

$$A_{209Z}^{305Z} = 106^\circ 46' 14,4'' \dots \dots \text{sa standardnim odstupanjem } s_A = 0,2'' \text{.} \quad (11)$$

Drugo imenovani autor ovog rada i mr. sc. Drago Špoljarić određivali su azimut automatiziranom metodom 1984. i 1987. godine (Solarić, N., Špoljarić 1988, 1992, 1994). To su učinili pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 na terasi Opservatorija Hvar s trigonometrijskog stupa 209_Z na sljedeće načine:

a) *Pomoću zenitnih daljina zvijezda* u digresiji, prvom vertikalu i izvan prvog vertikala odredili su astronomske azimut prema jednoj svjetiljci na udaljenosti oko 1,5 km od Opservatorija Hvar, mjereći 1984. godine tijekom deset noći (u 426 girusa). Zatim je pomoću izmjerenoga kuta između te svjetiljke i trigonometra 305_Z (Sv. Nikola) izračunan astronomske azimut prema trigonometru 305_Z (Sv. Nikola):

$$A_{209Z}^{305Z} = 106^\circ 46' 12,5'' \text{, sa standardnim odstupanjem } s_A = 0,7'' \text{.} \quad (12)$$

b) *Pomoću zenitnih daljina Sunca* 1984. godine odredili su astronomski azimut prema trigonometru 305_z (Sveti Nikola) mjereći u jutarnjem optimumu tijekom 7 dana (u 78 girusa) i u poslijepodnevnom optimumu tijekom 4 dana (u 59 girusa), te su postigli sljedeće rezultate:

$$\begin{aligned} \text{u jutarnjem optimumu: } & A_{209Z}^{305Z} = 106^\circ 46' 11,9'', s_A = 1,1''; \\ \text{u poslijepodnevnom optimumu: } & A_{209Z}^{305Z} = 106^\circ 46' 08,4'', s_A = 1,3''. \end{aligned} \quad (13)$$

c) *Pomoću satnoga kuta Sunca* odredili su 1984. godine astronomski azimut prema trigonometru 305_z , mjereći u jutarnjem optimumu tijekom tri dana (u 38 girusa) i u poslijepodnevnom optimumu tijekom tri dana (u 53 girusa), te su postigli sljedeće rezultate:

$$\begin{aligned} \text{u jutarnjem optimumu: } & A_{209Z}^{305Z} = 106^\circ 46' 14,5'', s_A = 1,0''; \\ \text{u poslijepodnevnom optimumu: } & A_{209Z}^{305Z} = 106^\circ 46' 14,6'', s_A = 1,1''. \end{aligned} \quad (14)$$

d) *Pomoću satnog kuta Sjevernjače* oni su 1987. godine odredili azimut prema svjetiljci na udaljenosti 1,5 km od Opservatorija Hvar mjereći tijekom 7 noći (u 460 girusa). Zatim je pomoću izmjerene kuta između te svjetiljke i trigonometra 305_z izračunan azimut prema trigonometru 305_z (Sv. Nikola):

$$A_{209Z}^{305Z} = 106^\circ 46' 14,6'', s_A = 0,5''. \quad (15)$$

(Azimut je astronomskom metodom određen sa standardnim odstupanjem $s_A = 0,05''$ i kut između svjetiljke i trigonometra sa standardnim odstupanjem $s = 0,5''$. Nažalost na trigonometru 305_z Sv. Nikola nije bio postavljen svjetlosni reflektor-značka, jer bi se u tom slučaju postiglo manje standardno odstupanje određivanja azimuta.)

7. Zaključak

Međunarodna suradnja bila je posebice važna za znanstveni rad iz područja geodezije na Opservatoriju Hvar. Naime, sva geodetska mjerenja, posebice iz područja satelitske geodezije, morala su se vezati na susjedne zemlje, ali i na čitavi svijet. Međutim, do dozvole za međunarodnu suradnju u bivšoj državi praktički nismo mogli doći, osim u dva slučaja (projekt IDOC '82 i WEDOC-2).

Zato se može reći, da su i pored toga što je međunarodna suradnja na području geodezije u bivšoj državi bila onemogućavana, da su postignuti rezultati na Opservatoriju Hvar bili vrlo dobri zahvaljujući osobnom angažmanu nastavnika Geodetskog fakulteta.

Danas je u Republici Hrvatskoj dozvoljena široka međunarodna znanstvena suradnja na području geodezije, a to se vidi i po vrlo uspješnim sudjelovanjima Opservatorija Hvar Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u međunarodnim znanstvenim geodinamičkim projektima od 1991. do 1999. godine.

LITERATURA:

- Baldi, P.; Lohmar, F.J.; Marchesini, C.; Zerbini, S. (1984): Doppler Measurements for the Strengthening of Italian Geodetic Network. *Bullettino di Geodesia e Scienze Affini XLIII*, n.1.
- Baldi, P. (1998): Faks poruka s popisom koordinata Opservatorija Hvar u koordinatnom sustavu ITRF'96 i WGS'84 za GPS mjerenja u kampanji TYRGEONET'96.
- Bilajbegović, A.; Podunavac, B. (1993): Transformacijski parametri za prelazak iz Svjetskog u koordinatni sustav Republike Hrvatske. *Elaborat*.
- Čalić, B. i Birin, I. (1979): Adjustmen and Analysis of Results of Measuring the Hvar Observatory Geodetic Test Net. *Hvar Observatory Bulletin*, Vol.3, No.1, str. 55-72.
- Čolić, K. (1971): Prvotni radovi na satelitičkoj stanici Hvar. *Zbornik radova Geodetskog fakulteta u Zagrebu*, publikacija br. 8, str. 25-56.
- Čolić, K.; Solarić, M. (1981): Problemi točnosti doplerovskih opažanja satelitske geodezije. *Geodetski list*, br. 7-9, str. 157-172.
- Čolić, K.; Solarić, M. (1983): Visoki stupanj automatizacije u doplerskim mjerenjima satelitske geodezije. *Zbornik radova Savjetovanja o automatizaciji u geodeziji*, Bled 1983, str. 261-276.
- Čolić, K.; Lohmar, F.J.; Solarić, M. (1984): An indirect Way to Determine the Geodetic Coordinates of the Hvar Doppler Station in PE-system Starting from Two MPBE - Solutions for the Project IGD0C - 82. *Observations of Artificial Satellites of the Earth*, Vol.23, pp. 477-486 (Proceedings of the INTERCOSMOS/COSPAR Symposium, Karlovy Vary).
- Čoli, K.; Bašić, T.; Seeger, H.; Gojčeta, B.; Altiner, Y.; Rašić, Lj.; Medić, Z.; Pribičević, B.; Medak, D.; Marjanović, M.; Prelogović, E. (1996): Hrvatska u EUREF'94 i projekt CRODYN, *Geodetski list* br. 4, str. 331-351.
- Čubranić, N. (1971): Opažanje umjetnih Zemljinih satelita. *Zbornik radova Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*, publikacija br. 8, str. 1-6.
- Figurski, M.; Kujava, L.; Rogowski, J.; Sledzinski, J. (1999): Results of Extended Sagnet'98 GPS Campaign, *Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology* No.4(45), 235-244.
- Marjanović, M.; Rašić, Lj.; Solarić, M. (1997): Results of the CEGRN'97 GPS Campaign. *Državna geodetska uprava* str. 1-9.
- Pesec, P.; Rinner, K.; Mihaly, Sz.; Alpar, Gy. (1985): West-East European Doppler Observation Campaign WEDOC-2 - Final Results. *Tudomanyos Koezlemenyek, FOEMI, Budapest*, str. 1-111.
- Pesec, P.; Windholz, N. (1995): Dynamics of the Adriatic Microplate and East Alps. In: *IAG Symposia No.113 (Gravity and Geoid)*, Springer Verlag, pp. 502-508.
- Petković, V. (1977): Determination of Geodetic Coordinates of the Hvar Observatory. *Hvar Observatory Bulletin*, Vol.1., No.1., 31.
- Petković, V. (1985): Podaci primljeni od prof. V. Petkovića za trigonometrijsku točku br. 209z (bolenu) u stupu na kojem je opažano u okviru doplerovskih kampanja, ali isto i GPS uređajima.
- Solarić, M. (1971): Određivanje koeficijena zonalnih sfernih funkcija gravitacionog polja Zemlje pomoću umjetnih satelita. *Zbornik radova Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*, publikacija br. 8, str. 7-24.

- Solarić, M. (1972): Determination of Distance between Two Stations and Space Coordinates of Stations when the Distance between Artificial Earth's Satellites is known. Mittlg.Geod.Inst., TH Graz, Folge 11, pp165-172 (Proceedings of the Symposium: Satellitre and Terrestrial Triangulation, Graz, 1972).
- Solarić, M. (1974a): The Analysis of the Accuracy of Distance Determination on between Two Stations on the Earth's Surface when also the Distance between Two Geostationary Artificial Satellites has been Measured. Internacionalni simpozij "Interkosmos-a", Budimpešta, 1974. Tiskano u: Nabljudenija iskusstvennih sputnikov Zemlji, 1975, br. 14, str.231-242.
- Solarić, M.; Klokočnik, J.; Lala, P.; Navara, P.; Sehnal, L. (1974b): The Usage of Interkosmos AUOS-Z Satellite for Astrodynamics. Internacionalni simpozij "Interkosmos-a", Budimpešta, 1974.,Tiskano u Nabljudenija iskusstvennih sputnikov Zemlji, 1975, br. 14, str.539-560.
- Solarić, M. (1975a): The Analysis of Accuracy of the Distance Determination between Two Stations on the Earth's Surface when also the Distance between Two Artificial Satellites has been Measured. Simpozij Internacionalne asocijacije za geodeziju na XVI Generalnoj asembleji, Grenoble (Francuska), 1975, str 1-9. 250 kopija rada.
- Solarić, M. (1975b): On Determinig the Distance beteen Two Terrestrial Surface Points by Using Two Artificial Satellites. Seminar o novim metodama satelitske geodezije, Petrovgrad (Lenjingrad), 1975. Tiskano u: Nabljudenija iskusstvennih sputnikov Zemlji, 1976, br. 15, str. 315-324.
- Solarić, M. i Čolić, K. (1981a): Uvodno razmatranje o doplerovskim mjerenjima u vezi s njihovom primjenom u SFRJ. Geodetski list br. 4-6, str. 73-88.
- Solarić, M. i Čolić, K. (1981b): Doplerovski uređaji satelitske geodezije i praktično provođenje opažanja. Geodetski list br. 10-12, str. 253-272.
- Solarić, M. i Čolić, K. (1983): Prvotni rezultati određivanja geocentričkih koordinata Dopplerovske stanice Hvar primjenom jednostaničnog rješenja. Zbornik radova Savjetovanja o automatizaciji u geodeziji, Bled, str. 245-259.
- Solarić, M. i Podunavac, B. (1994): Kontrola transformacijskih parametara – drugi dio (za južni dio Hrvatske). Elaborat, str. 1-52.
- Solarić, M.; Bilajbegović, A.; Capek, B.; Podunavac, B. (1994): Previous Results of Controlling the Heights onto Islands by GPS Measurements. Reports on Geodesy WUT, Warsaw, 1994, No 5(13), str. 219-221.
- Solarić, N. (1971): Dodatni elektronički uređaj za povećanje točnosti registracije vremena i za pojednostavljenje procesa opažanja IGN – uređajem na satelitičkoj stanici Hvar. Zbornik radova Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, publikacija br.8, str.57-68.
- Solarić, N. (1972): The Additional Equipment Used at Hvar to Improve the Accuracy of Time Registration and to Simplify the Observation Procedure for the IGN- Camera. Mittlg.Geod.Inst.,TH Graz, Folge 11, pp 251-259. (Proceedings of the Symposium: Satellitre and Terrestrial Triangulation, Graz, 1972).
- Solarić,N.; Špoljarić, D. (1988): Accuracy of the Automatic Grid Azimuth Determination by Observing the Sun Using Kern E2 Theodolite. Surveying and Mapping, USA, Vol.48, No.1, str.19-28 (USA).
- Solarić, N. (1992): Uređaj za precizno određivanje korekcije sata. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 61-65, (ISBN 86-81465-07-04).

- Solarić, N.; Špoljarić, D. (1992): Accuracy of the automatic astronomical azimuth determination by Polaris with Leica-kern E2 electronic theodolite. Surveying and Land Information Systems, Vol. 2, str.80-85, (USA).
- Solarić, N.; Špoljarić, D. (1994): Accuracy of Automatic Grid Azimuth Determination by Astronomical Methods with Leica-Kern Theodolite. Surveying and Land Information Systems, No.1, str.5-19 (USA).
- Terzić, P. (1980): Određivanje razlike geografske širine Opservatorija Maksimir i Hvar. Zbornik radova Geodetskog fakulteta u Zagrebu, niz A, svezak 25.
- Terzić, P. (1985): Određivanje geografske širine astronomske točke Opservatorija Hvar. Zbornik radova Geodetskog fakulteta u Zagrebu, niz A, svezak 37.

A Review of the Geodetic Position Determination and Realized Results of Scientific Research on the Observatory Hvar

ABSTRACT. In this paper a review of the geodetic measurements and results of scientific research on the Observatory Hvar Faculty of Geodesy University in Zagreb. The most part of this works are realized in cooperation with deceased academician Petar Krešimir Čolić.

Key words: satellite geodesy, geodetical astronomy.

Primljeno: 2000-07-05